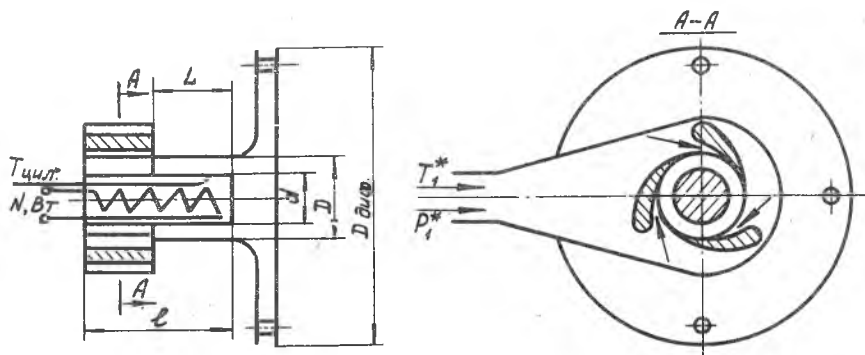


УДК 621.694

Н.Д.Колышев, В.Е.Вилякин

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ТЕЛ
В САМОВАКУУМИРУЮЩЕЙСЯ ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ

Значительные эффекты охлаждения, реализуемые в присоединительной зоне самовакуумирующейся ВТ (СВТ) позволяют считать ее перспективной для охлаждения небольших цилиндрических тел в устройствах различного назначения: миниатюрная холодильная камера, конденсационный гигрометр, горячий спай термоэлектрического холодильника и т.д.



Р и с. 1. Принципиальная схема установки

Проведенные ранее исследования СВТ [1, 2] с расположенными в ее осевой зоне цилиндрами Архимеда характеризуют их температурные режимы в зависимости от входного давления и диаметра цилиндра. Ввиду того, что эти исследования проводились в сравнительно идеализи-

рованных условиях (короткие цилиндры с длиной, равной диаметру, располагались на тонких осях в центре СВТ), которые обеспечивали достаточную возможность формирования вихрей, полученные результаты не всегда можно использовать в практических целях. Нередко требуется располагать охлаждаемый цилиндр с выводом одного из его торцов наружу или по всей длине СВТ. При этом значительная часть ее внутреннего пространства оказывается загромажденной, условия формирования вихрей усложняются, и это, несомненно, должно ухудшить температурные характеристики СВТ.

Для определения влияния геометрических и физических параметров СВТ на температурные режимы охлаждаемых тел исследовалась самовакумирующаяся вихревая труба с диаметром $\varnothing = 30$ мм и диаметром диффузора $\varnothing_{диф} = 150$ мм (рис. 1). Относительный диаметр охлаждаемых цилиндров $\bar{d} = d/\varnothing$ изменялся в диапазоне $\bar{d} = 0,3-0,8$ при постоянной длине $l = 30$ мм. Внутри цилиндров, изготовленных из красной меди, помещались электрические нагреватели, на поверхности монтировалось по три термодатчика МК.

Влияние относительной площади сопла \bar{F}_c на осредненную относительную температуру цилиндра $\theta_{ц} = T_{ц}/T_1$ анализируется на рис. 2 в диапазонах изменения параметров: $\bar{F}_c = 0,05-0,13$; $\bar{d} = 0,3$ и $0,7$; $P_1^* = 0,2-0,5$ МПа. При малом диаметре цилинд-

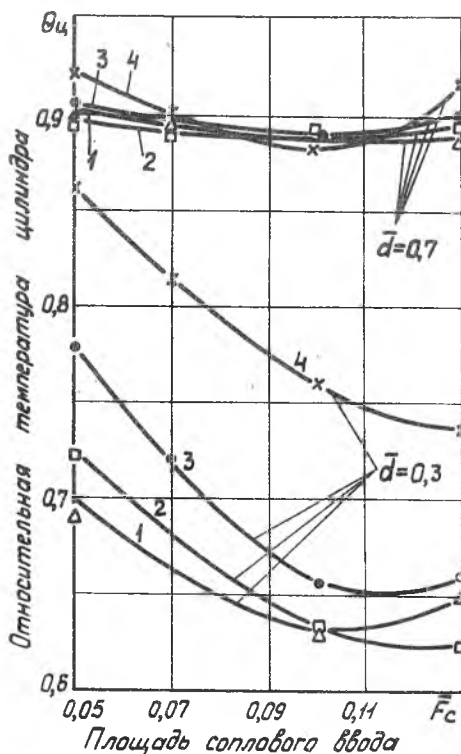


Рис. 2. Влияние площади соплового ввода и входного давления на охлаждение цилиндра: 1-4 соответствуют $P_1^* = 0,5; 0,4; 0,3; 0,2$ МПа

ра ($\bar{d} = 0,3$) зависимость $\bar{F}_c(\text{онм}) = f(P_1)$ близка к ранее полученной [I] в условиях слабого загромождения присоединяемой зоны; с увеличением входного давления P_1 оптимальная площадь соплового ввода $\bar{F}_c(\text{онм})$ уменьшается от 0,13 до 0,01. При этом θ_u существенно зависит от P_1 , изменяясь, например, на 10% при увеличении P_1 от 0,2 до 0,3 МПа. С увеличением диаметра цилиндра ($\bar{d} = 0,7$) характер указанной зависимости качественно и количественно изменяется, при значительном изменении входного давления (от 0,3 до 0,5 МПа) θ_u практически остается постоянным (около 0,88), почти не реагируя на изменение \bar{F}_c в 2,5 раза (для сравнения: при $l = 21$ мм $P_1^* = 0,4$ МПа, $\theta_u = 0,78$).

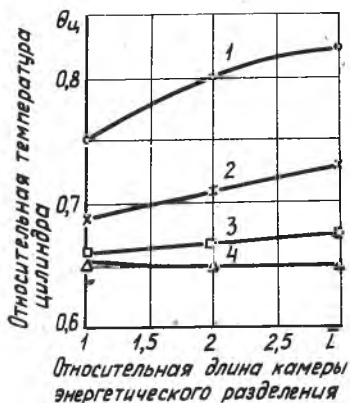
Очевидно, слабое влияние F_c и P_1^* на θ_u объясняется сильным загромождением внутреннего пространства СВТ, искажающим структуру и характер взаимодействия вихрей. В практических целях следует при $\bar{d} \geq 0,5$ принимать $\bar{F}_c(\text{онм}) = 0,1$, при меньших \bar{d} руководствоваться рис. 2 или эмпирической зависимостью

$$\theta_u = 3,8728 - 2,0529 P_1^* + 0,3398 P_1^{*2} + F_c (-62,6737 + 42,7333 P_1^* - 7,2852 P_1^{*2}) + F_c (326,210 - 227,826 P_1^* + 38,8510 P_1^{*2}).$$

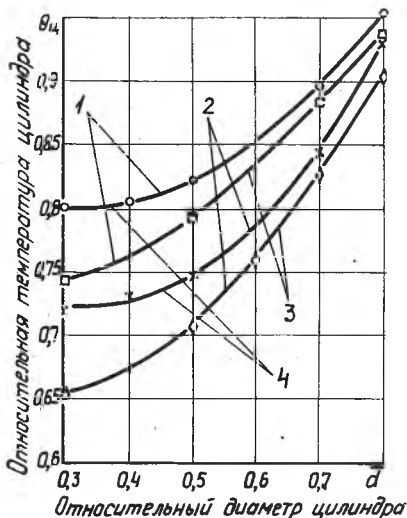
Исследовалось также влияние на θ_u расположения цилиндра: со стороны диафрагмы, как показано на рис. 1, и со стороны диффузора. Последний вариант оказался эффективнее, но незначительно - всего на 1,5%.

Длина камеры энергетического разделения влияет на θ_u двояко: увеличение ее расширяет свободную зону для формирования вихря и увеличивает θ_u , но одновременно приводит к потере кинетической энергии вихря, снижению степени расширения, т.е. к уменьшению θ_u . На рис. 3 представлены результаты испытаний при расположении стержня ($\bar{d} = 0,3$; $l = 1$) со стороны диффузора. Увеличение \bar{d} в три раза практически не сказывается на θ_u при более высоких давлениях, когда периферийный поток обладает большими энергетическими возможностями. При меньших P_1^* (0,2 МПа) указанное увеличение длины l снижает эффект охлаждения, повышает θ_u на 7%.

На рис. 4 приводится зависимость θ_u от \bar{d} при тепловой нагрузке (5 Вт) и без нее. Влияние нагрузки на температурный режим цилиндра слабее проявляется при увеличении его диаметра, когда выше плотность слоев вихря, омывающих цилиндр, больше коэффициент теплоотдачи на его поверхности.



Р и с. 3. Влияние длины камеры энергетического разделения на охлаждение цилиндра: 1-4 соответствуют $P^* = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ МПа; $\bar{F}_c = 0,1; d = 0,3; L_{TP} = 0,1; \tau_{cm} = 1,0; T_0 = 293$ К



Р и с. 4. Влияние относительного диаметра цилиндра на его относительную температуру: 1-2 соответствуют $P_0 = 0,2; 0,3$ МПа; 3-4 - $N = 0,5$ Вт; $\bar{F}_c = 0,1; T_0 = 293$ К

Л и т е р а т у р а

1. Меркулов А.П., Кольшев Н.Д. Исследование температурных полей вихревой трубы с диффузором. - Труды КуАИ, вып. XXII, 1965.
2. Кольшев Н.Д., Огородников Н.Н. Исследование теплоотдачи в рабочем пространстве вихревой трубы с диффузором. - Труды КуАИ, вып. 37, 1969.